



Università degli Studi di Parma

Dipartimento di Ingegneria e Architettura

Sistemi operativi e in tempo reale - a.a. 2022/23

Scheduling di task periodici mediante algoritmi a priorità dinamica

Scheduling priority-driven con algoritmi a priorità dinamica



- ❑ EDF è il principale algoritmo di schedulazione dinamica priority-driven
- ❑ Algoritmi alternativi: FIFO, LST, LRT
 - presentano vari limiti e inconvenienti ...
- ❑ → Ci focalizziamo su EDF

Algoritmo EDF

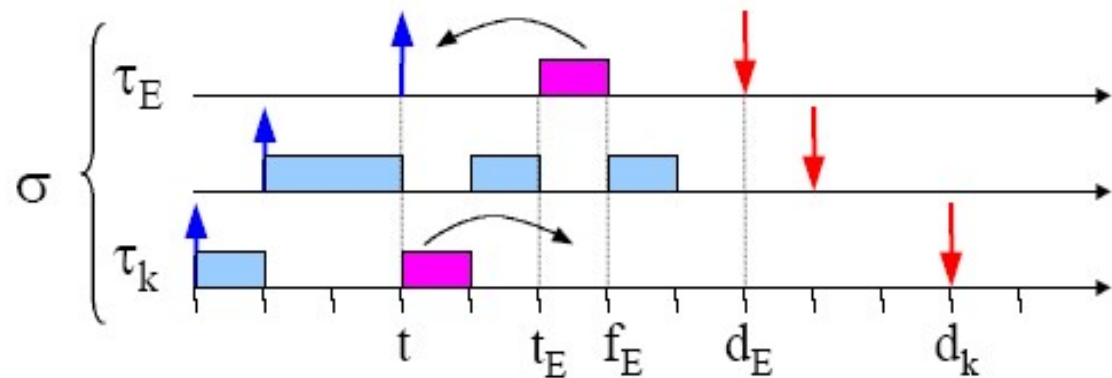


- EDF assegna la priorità *ai singoli job* dei task periodici in funzione delle loro *deadline assolute* d_i
- EDF è il più importante tra gli algoritmi di scheduling dinamici: offre elevate prestazioni e realizzabilità pratica
- EDF è ottimo: se esiste una schedule fattibile per un insieme di task Γ , anche EDF produce una schedule fattibile per Γ (Dertouzos, 1974)
- La dimostrazione dell'ottimalità di EDF avviene per trasformazione della schedule in senso EDF



Ottimalità di EDF

- Schedule σ non EDF: all'istante t non viene eseguito il job di τ_E la cui deadline d_E è più prossima, ma un job di τ_k con deadline $d_k > d_E$; τ_E viene invece eseguito in $t_E > t$
- Trasformiamo σ in una nuova schedule σ' :
 $\sigma'(t) = \sigma(t_E)$, $\sigma'(t_E) = \sigma(t)$
- La fattibilità è preservata: $f_k = f_E \leq d_E \leq d_k$





Utilizzazione schedulabile per EDF

- Utilizzazione schedulabile di EDF: $U_{\text{lub}}(\text{EDF})=1$
- Teorema: Un insieme di n task periodici è schedulabile dall'algoritmo EDF se e solo se l'utilizzazione richiesta è ≤ 1 (Liu e Layland, 1973):

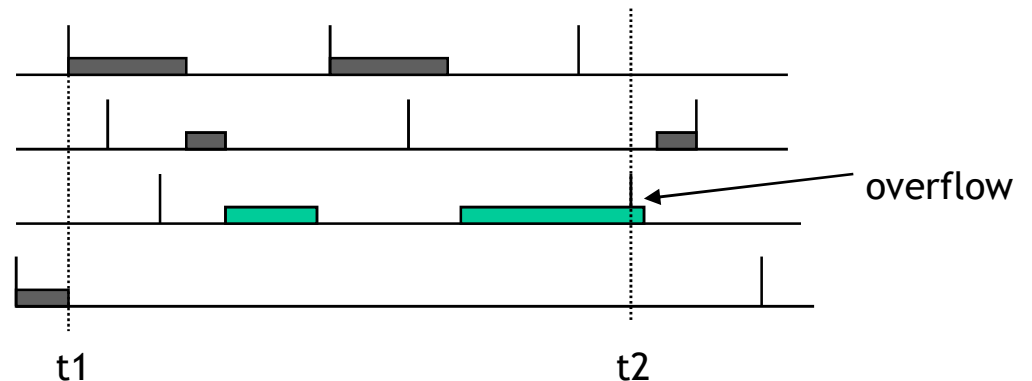
$$\sum_{i=1,n} C_i / T_i \leq 1$$

- Solo se: ovvio.
- Se: ... %

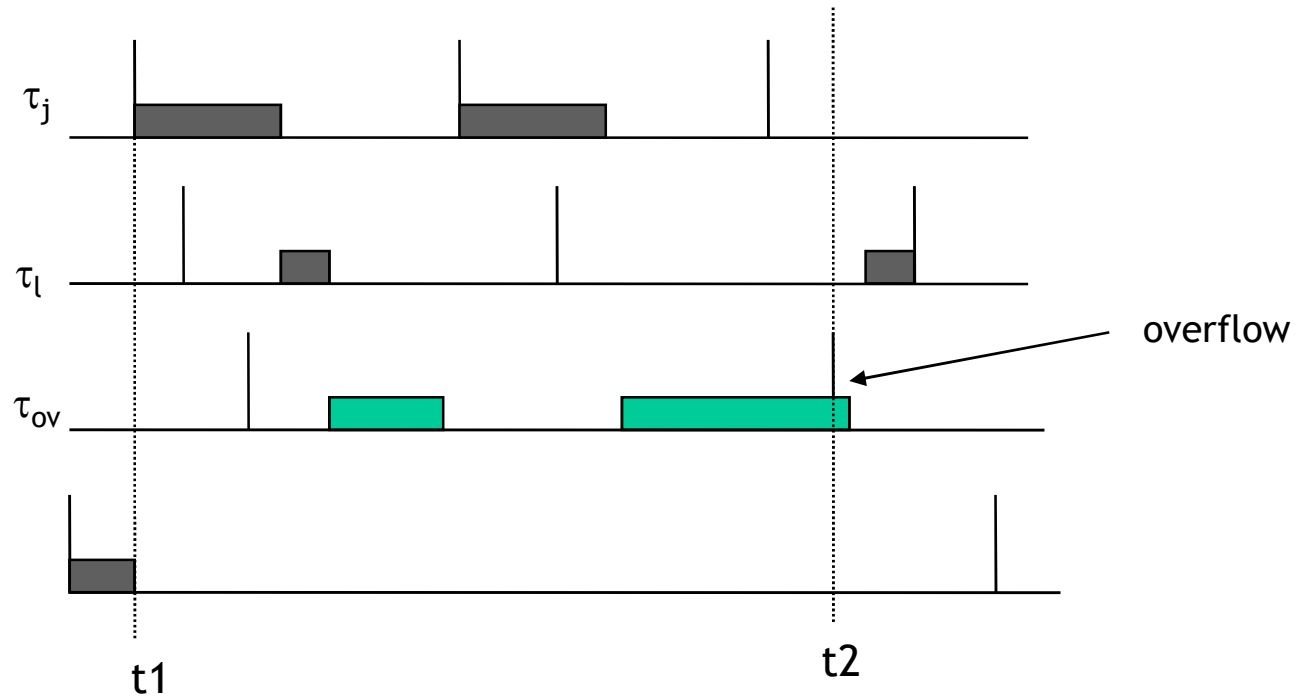


Utilizzazione schedulabile per EDF

- Supponiamo che $U \leq 1$ e che l'insieme di n *task periodici* non sia schedulabile da EDF: si verifica un overflow in t_2
- Sia $[t_1, t_2]$ il più lungo intervallo di utilizzazione continua prima dell'overflow tale che solo job con deadline $d_j \leq t_2$ sono eseguiti in $[t_1, t_2]$
- t_1 è l'istante di rilascio di un job:



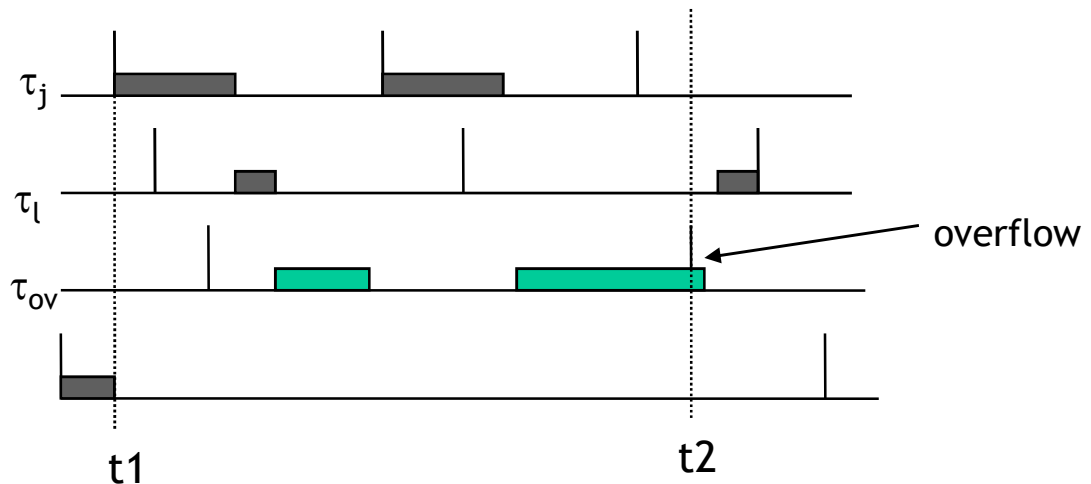
Utilizzazione schedulabile per EDF



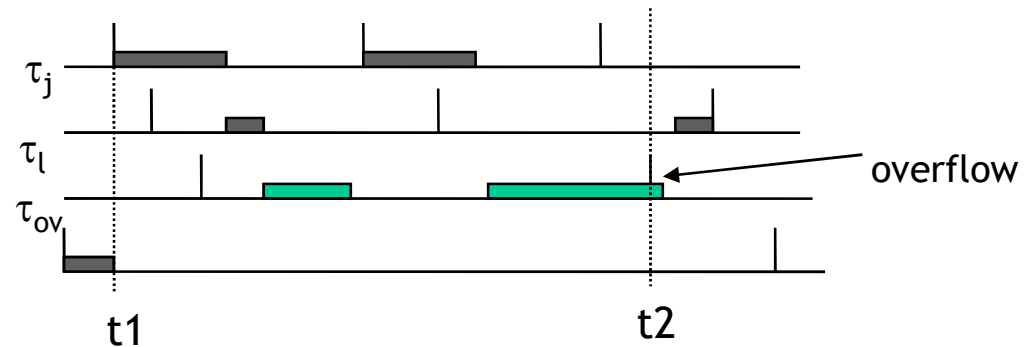


Utilizzazione schedulabile per EDF

- $C_p(t_1, t_2)$ tempo di esecuzione totale richiesto dai task periodici in $[t_1, t_2]$; K =insieme dei *job* rilasciati a partire da t_1 e la cui deadline cade entro t_2
- $C_p(t_1, t_2) = \sum_{k \in K} C_k = \sum_{i=1, n} \lfloor (t_2 - t_1) / T_i \rfloor C_i$



Utilizzazione schedulabile per EDF



□ Vale:

$$C_p(t1, t2) = \sum_{i=1, n} \lfloor (t2 - t1) / T_i \rfloor C_i \leq \sum_{i=1, n} ((t2 - t1) / T_i) C_i = (t2 - t1)U$$

□ Poichè in t2 viene mancata una deadline:

$$(t2 - t1) < C_p(t1, t2) \leq (t2 - t1)U$$

□ Ovvero, $U > 1$, il che è una contraddizione



Realizzazione di EDF

- ❑ Con RM o DM la schedulazione è statica e a tempo di esecuzione non c'è overhead per stabilire la priorità dei job
- ❑ Con EDF e altri algoritmi dinamici occorre stabilire a tempo di esecuzione la priorità relativa dei job
- ❑ Con EDF il costo è quello di un ordinamento di un gruppo di job ($O(n \log n)$), ovvero di inserimento di un job in una lista ordinata ($O(n)$)
- ❑ EDF presenta una complessità realizzativa ragionevole → algoritmo di scheduling largamente usato!

EDF con deadline relative distinte dai periodi



- *Densità* di un task $\tau_i = (T_i, C_i, D_i)$: $\Delta_i = C_i / \min(D_i, T_i)$
- Condizione *sufficiente* affinché un insieme di N task periodici, anche con deadline relative diverse dai periodi, sia schedulabile con l'algoritmo EDF è che:

$$\Delta = \sum_{i=1, N} C_i / \min(D_i, T_i) \leq 1$$

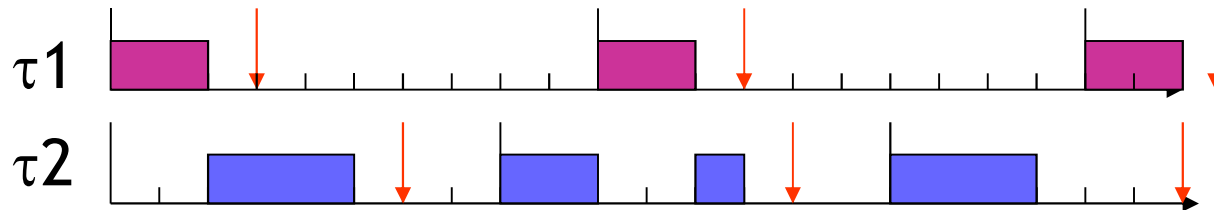
- Δ è la *densità totale* dell'insieme di task
- E' una condizione sufficiente ma non necessaria

EDF con deadline relative distinte dai periodi



- Esempio (già visto con algoritmo DM):

$$\tau_1=(10, 2, 3) \quad \tau_2=(8, 3, 6) \quad [\tau_i=(T_i, C_i, D_i)]$$



- $\Delta = \sum_{i=1,N} C_i / \min(D_i, T_i) = 2/3 + 3/6 = 1.16 > 1$
- --> I task non sono garantiti dal bound di densità di EDF (condizione solo sufficiente)
- NB: La schedule in figura è anche una schedule EDF

EDF con deadline relative distinte dai periodi



- Q: I task dell'esempio precedente sono garantiti in caso di schedulazione EDF?

Esercizi: analisi di schedulabilità con uso dei bound



- (A) Task set: $\Gamma = \{ \tau_1 = (10, 6), \tau_2 = (25, 5), \tau_3 = (50, 5) \}$
- (B) Task set: $\Gamma = \{ \tau_a = (10, 2), \tau_b = (8, 2), \tau_c = (25, 5), \tau_d = (5, 1) \}$

- Quesiti:
- task set schedulabile? (precisare quale algoritmo e quale bound di utilizzazione)
- singoli task individualmente garantiti? (in base ad algoritmo e bound)
- schedulabilità e garanzia in senso assoluto: combiniamo i diversi strumenti di analisi